



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Extracción de compuestos fenólicos por etanol presurizado: Una alternativa de antioxidante natural en yogurt a partir de epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes*)**

**Andrés Felipe Reyes Giraldo**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Administración  
Departamento de Ingeniería  
Palmira, Colombia  
2018

# **Extracción de compuestos fenólicos asistida por etanol presurizado: Una alternativa de antioxidante natural en yogurt a partir de epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes*)**

**Andrés Felipe Reyes Giraldo**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magíster en Ingeniería Agroindustrial**

Director:

Ing. Químico, Msc., Ph.D, Hugo Alexander Martínez Correa

Codirectora:

Ing. Agroindustrial, Msc., Ph.D, Margarita María Andrade Mahecha

Línea de Investigación:

Agroindustria de productos alimentarios – Agroindustria de productos no alimentarios

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales (GIPA)

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Administración  
Departamento de Ingeniería  
Palmira, Colombia  
2018

*A Dios*

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos. Además de darme la fuerza para perseverar y nunca darme por vencido.*

*A mi madre*

*Quién ha hecho el rol de padre y madre desde que era sólo un niño. Brindándome su amor, cariño y apoyo en todo momento. La cual siempre me acompaña y me guía por un sendero de luz y felicidad.*

## **Agradecimientos**

Primero doy gracias a Dios por haberme permitido cumplir con una meta más, por guiarme por el buen camino e iluminarme en los momentos que más lo necesité. Agradezco a mi familia, por su apoyo incondicional y sus palabras alentadoras en todo momento.

De igual manera agradezco a los laboratorios de: Tecnología de leches, Química, Frutas y hortalizas y Operaciones Unitarias de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira por su servicio y colaboración durante todo el proceso experimental. A mis directores de tesis Hugo Alexander Martínez Correa y Margarita María Andrade Mahecha, quienes me orientaron en todo momento en la realización de este trabajo. Finalmente agradezco de forma sincera por su valiosa colaboración a todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de esta Tesis de maestría.

## Resumen

El epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes*) es un subproducto rico en compuestos fenólicos, los cuáles son un tipo importante de antioxidante que podría generar efectos benéficos en la salud. Estos compuestos se obtienen mediante técnicas convencionales, las cuales necesitan grandes cantidades de solventes y tiempos largos. Para aprovechar los compuestos fenólicos presentes en el epicarpio de chontaduro, se empleó una técnica de extracción alternativa con etanol presurizado (PLE). El efecto de pretratamientos, las condiciones de extracción PLE y la funcionalidad antioxidante fueron evaluadas en los extractos obtenidos. Para los pretratamientos, se evaluó el efecto de ultrasonido y microondas sobre rendimiento (R) y contenido de fenoles totales (TPC), encontrando que microondas (3 min, 280 W) fue el pretratamiento con mejor resultado, aumentando R y TPC en 19,48% y 42,19 % respectivamente en comparación al control. En PLE se estudió el efecto de la presión (100 - 200 bar), temperatura (60 - 90°C) y tiempo (30 - 60 min) sobre R, TPC y actividad antioxidante (AA) de los extractos. Los resultados mostraron que la temperatura de extracción fue el factor más influyente en TPC y AA, incrementando su proporción en 50% al elevar la temperatura. TPC fueron maximizados al emplear 100°C, 150 bar y 20 minutos como condiciones de extracción. Adicionalmente, se realizaron cinéticas de extracción a 150 bar durante 4 horas para tres temperaturas (60, 80 y 100°C) y fueron modeladas, encontrándose que el modelo cinético de dos etapas tuvo mejor ajuste con  $R^2 > 0,99$ . Finalmente se evaluó la funcionalidad antioxidante de los extractos en un yogurt durante 28 días de almacenamiento y se comparó con un yogurt control sin extracto. La incorporación del extracto aumento la AA del yogurt, pero fue disminuyendo a lo largo del tiempo de almacenamiento como resultado de la degradación de los compuestos fenólicos. La extracción de compuestos fenólicos de epicarpio de chontaduro fue mejorada al emplear microondas como pretratamiento y 100°C como temperatura de extracción.

**Palabras clave:** líquidos presurizados, superficie de respuesta, pretratamientos, modelamiento, aplicación

## Abstract

The epicarp of chontaduro (*Bactris gasipaes*) is a byproduct rich in phenolic compounds, which are an important type of antioxidant that could generate beneficial effects on health. These compounds are obtained by conventional techniques, which require large amounts of solvents and long times. To take advantage of the phenolic compounds present in the epicarp of chontaduro, an alternative extraction technique with pressurized ethanol (PLE) was used. The effect of pretreatments, PLE extraction conditions and antioxidant functionality were evaluated in the obtained extracts. For the pretreatments, the effect of ultrasound and microwaves on yield (R) and total phenol content (TPC) was evaluated, finding that microwaves (3 min, 280 W) was the pretreatment with the best result, increasing R and TPC in 19,48% and 42,19% respectively in comparison to the control. In PLE, the effect of pressure (100 - 200 bar), temperature (60 - 90°C) and time (30 - 60 min) on R, TPC and antioxidant activity (AA) of the extracts was studied. The results showed that the temperature of extraction was the most influential factor in TPC and AA, increasing its proportion by 50% when raising the temperature. TPC were maximized by using 100°C, 150 bar and 20 minutes as extraction conditions. Additionally, extraction kinetics were performed at 150 bar for 4 hours for three temperatures (60, 80 and 100°C) and were modeled, finding that the two-stage kinetic model had better fit with  $R^2 > 0,99$ . Finally, the antioxidant functionality of the extracts in a yogurt was evaluated during 28 days of storage and compared with a control yogurt without extract. The incorporation of the extract increased the AA of the yogurt, but it was decreasing throughout the storage time as a result of the degradation of the phenolic compounds. The extraction of phenolic compounds from epicarp of chontaduro was improved by using microwaves as pretreatment and 100°C as extraction temperature.

**Keywords:** pressurized liquids, response surface, pretreatments, modeling, application.

# Contenido

<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XIV</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Lista de símbolos y abreviaturas .....</b>	<b>XVII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>3</b>
General.....	3
Específicos .....	3
<b>Hipótesis.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Capítulo 1: Generalidades .....</b>	<b>7</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Pregunta de investigación .....	8
1.3 Justificación.....	8
1.4 Marco teórico .....	9
1.4.1 Chontaduro.....	9
1.4.2 Compuestos fenólicos.....	9
1.4.3 Métodos de determinación de actividad antioxidante .....	13
1.4.4 Extracción con líquidos presurizados.....	15
1.4.5 Pretratamientos de extracción .....	17
1.4.6 Yogurt.....	19
1.5 Antecedentes .....	20
1.5.1 Pretratamientos en procesos extractivos .....	20
1.5.2 PLE.....	22
1.5.3 Yogurt.....	26
Referencias .....	28
<b>2. Capítulo 2: Optimización de las condiciones operacionales de extracción de compuestos fenólicos a partir de epicarpio de chontaduro usando líquidos presurizados.....</b>	<b>37</b>
Resumen .....	37
2.1 Introducción.....	38
2.2 Materiales y métodos .....	39
2.2.1 Materia prima.....	39
2.2.2 Reactivos.....	39
2.2.3 Obtención de epicarpio de chontaduro .....	39

2.2.4	Caracterización del epicarpio de chontaduro .....	40
2.2.5	Pretratamientos .....	42
2.2.6	Extracción con etanol presurizado (PLE) .....	43
2.2.7	Comparación de métodos de extracción .....	43
2.2.8	Microscopia electrónica de barrido (SEM) .....	44
2.2.9	Rendimiento global de extracción .....	44
2.2.10	Caracterización de los extractos .....	44
2.2.11	Componentes fenólicos por HPLC. Determinación de ácido clorogénico, caféico, ferúlico y p-coumárico .....	44
2.2.12	Diseño experimental y análisis estadístico .....	45
2.3	Resultados y discusión .....	46
2.3.1	Caracterización del epicarpio de chontaduro .....	46
2.3.2	Efecto de los pretratamientos .....	47
2.3.3	Metodología de superficie de respuesta para la optimización de PLE .....	49
2.3.4	Comparación de métodos de extracción .....	56
2.3.5	Análisis de imágenes SEM .....	57
2.4	Conclusiones .....	58
	Referencias .....	59
<b>3.</b>	<b>Capítulo 3: Modelamiento de las cinéticas de extracción de compuestos fenólicos obtenidos por fluidos presurizados .....</b>	<b>63</b>
	Resumen .....	63
3.1	Introducción .....	63
3.2	Materiales y métodos .....	64
3.2.1	Materia prima .....	64
3.2.2	Obtención de epicarpio de chontaduro .....	64
3.2.3	Cinética de extracción .....	64
3.2.4	Modelamiento matemático .....	64
3.2.5	Energía de activación .....	66
3.3	Resultados y discusión .....	66
3.4	Conclusiones .....	70
	Referencias .....	70
<b>4.</b>	<b>Capítulo 4: Funcionalidad antioxidante de los extractos obtenidos aplicados en una matriz láctea (yogurt) .....</b>	<b>73</b>
	Resumen .....	73
4.1	Introducción .....	73
4.2	Materiales y métodos .....	74
4.2.1	Obtención de extractos .....	74
4.2.2	Proceso de elaboración del yogurt .....	74
4.2.3	Aplicación de los extractos fenólicos en el yogurt .....	75
4.2.4	Extracción y determinación del contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en yogurt .....	77
4.2.5	Determinación de parámetros cinéticos de degradación .....	77
4.2.6	Determinación de pH y acidez titulable .....	77
4.2.7	Evaluación de susceptibilidad a sinéresis .....	78
4.2.8	Evaluación de color .....	78
4.2.9	Análisis sensorial .....	79
4.2.10	Análisis estadístico .....	79
4.3	Resultados y discusión .....	79
4.3.1	Propiedades Físicoquímicas .....	79



4.3.2	Compuestos fenólicos y actividad antioxidante .....	82
4.3.3	Cinética de degradación: TPC .....	83
4.3.4	Evaluación sensorial .....	84
4.4	Conclusiones.....	85
	Referencias .....	86
<b>5.</b>	<b>Conclusiones generales .....</b>	<b>89</b>
<b>6.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>91</b>
	<b>A. Anexo: Datos obtenidos para los procesos de pretratamiento, extracción y aplicación</b>	<b>93</b>
	<b>B. Anexo: Curva de calibración para la determinación de compuestos fenólicos totales</b>	<b>99</b>
	<b>C. Anexo: Curva de calibración para la determinación de actividad antioxidante por método DPPH.....</b>	<b>101</b>
	<b>D. Anexo: Cromatograma estándares de ácidos fenólicos hidroxycinámicos.....</b>	<b>103</b>
	<b>E. Anexo: Incorporación de extracto de epicarpio en yogurt.....</b>	<b>105</b>
	<b>F. Anexo: Ficha de evaluación usada en el análisis del yogurt enriquecido .....</b>	<b>107</b>
	<b>G. Anexo: Producción académica relacionada.....</b>	<b>109</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1-1:</b> (A) Palma de chontaduro, (A1) racimos de con fruta, (A2) Sección transversal y perfiles de la fruta, (A3) Entrenudos cubiertos de espinas en el tallo.....	10
<b>Figura 1-2:</b> Formación del ácido shikímico a partir de fosfoenolpiruvato y eritrosa 4-fosfato.....	11
<b>Figura 1-3:</b> Estructuras químicas de diferentes tipos de compuestos fenólicos.....	12
<b>Figura 1-4:</b> Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el sustrato antioxidante .....	14
<b>Figura 1-5:</b> Reacción del radical ABTS en presencia del compuesto antioxidante .....	14
<b>Figura 1-6:</b> Creación de burbujas de cavitación y su colapso.....	18
<b>Figura 1-7:</b> Mecanismo de acción del microondas sin solvente como pretratamiento.....	18
<b>Figura 2-1:</b> Diagrama del equipo de extracción de PLE .....	43
<b>Figura 2-2:</b> Efecto del tiempo y la potencia de los pretratamientos de microondas y ultrasonido en la extracción de compuestos fenólicos.....	47
<b>Figura 2-3:</b> Diagrama de Pareto de los efectos de los factores en cada una de las variables de respuesta del extracto de epicarpio de chontaduro. (A) Rendimiento; (B) contenido de fenoles totales (TPC); (C) DPPH; (D) ABTS del extracto de epicarpio chontaduro. La línea punteada vertical indica el nivel de significancia ( $p = 0,05$ ). El valor para cada efecto se muestra por columnas horizontales.....	51
<b>Figura 2-4:</b> Gráfica de dispersión de los valores predichos y observados de (A) rendimiento; (B) contenido de fenoles totales (TPC); (C) DPPH; (D) ABTS del extracto de epicarpio chontaduro.....	52
<b>Figura 2-5:</b> Gráfica de superficie de respuesta del diseño central compuesto rotacional mostrando el efecto de la temperatura y el tiempo sobre el (A) rendimiento; (B) contenido de fenoles totales (TPC); (C) DPPH; y (D) ABTS del extracto obtenido por PLE de epicarpio chontaduro. La condición central de presión (150 bar) se empleó en todas las gráficas. ....	53
<b>Figura 2-6:</b> Efecto de la técnica de extracción (MW + PLE, MW + Soxhlet, PLE o Soxhlet) sobre el (A) rendimiento; (B) contenido de fenoles totales (TPC); (C) DPPH; y (D) ABTS del extracto de epicarpio chontaduro .....	57
<b>Figura 2-7:</b> Microscopía electrónica de barrido de epicarpio de chontaduro: sin tratamiento (a), con pretratamiento de microondas (b), luego de PLE (c).....	58
<b>Figura 3-1:</b> Solución lineal gráfica usando la segunda ley de Fick para la extracción de compuestos fenólicos a 60, 80 y 100°C. ....	67

<b>Figura 3-2:</b> Datos experimentales y curvas del modelo cinético de dos etapas a temperaturas de 60, 80 y 100°C.....	69
<b>Figura 3-3:</b> Relación tipo Arrhenius entre difusividad efectiva ( $D_e$ ) y temperatura para el rendimiento de extracción de compuestos fenólicos obtenidos de epicarpio de chontaduro mediante etanol presurizado. ....	69
<b>Figura 4-1:</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt .....	76
<b>Figura 4-2:</b> Efecto del tiempo de almacenamiento en: a) pH y b) acidez de yogurt sin extracto (YSE), yogurt enriquecido con el extracto soxhlet (YCE Sox) y yogurt enriquecido con extracto PLE (YCE PLE).....	80
<b>Figura 4-3:</b> Efecto del tiempo de almacenamiento en los parámetros de color de yogurt sin extracto (YSE), yogurt enriquecido con extracto soxhlet (YCE Sox) y yogurt enriquecido con extracto PLE (YCE PLE). a) Luminosidad ( $L^*$ ), b) Parámetro $a^*$ , c) Parámetro $b^*$ , d) Croma (C), e) Ángulo de tono (H), y f) Cambio de color ( $\Delta E$ ) con respecto al control. ....	81
<b>Figura 4-4:</b> Prueba de aceptación para el yogurt con extracto soxhlet, con extracto PLE y sin extracto en el día: (A) 7 y (B) 21 de almacenamiento.....	85

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 2-1:</b> Valores experimentales que se emplearon en cada pretratamiento.....	45
<b>Tabla 2-2:</b> Valores experimentales para cada uno de los experimentos del DCCR con 3 variables para la extracción de compuestos.....	46
<b>Tabla 2-3:</b> Resultados de la distribución de tamaño del epicarpio de chontaduro molido	47
<b>Tabla 2-4:</b> Rendimiento de extracción y contenido en fenoles totales para una de las condiciones evaluadas en los pretratamientos.....	48
<b>Tabla 2-5:</b> Resultados experimentales del diseño central compuesto rotacional para las variables de respuesta estudiadas (rendimiento, TPC, DPPH y ABTS).....	49
<b>Tabla 2-6:</b> Análisis de varianza para la superficie de respuesta de las variables de PLE de epicarpio de chontaduro.....	50
<b>Tabla 2-7:</b> Ácidos fenólicos determinados en los extractos de epicarpio de chontaduro a 150 bar, 45 min y diferentes condiciones de temperatura .....	56
<b>Tabla 3-1:</b> Concentraciones predichas de equilibrio y coeficientes cinéticos obtenidos por el modelo cinético de 2 etapas para PLE de epicarpio de chontaduro. ....	67
<b>Tabla 3-2:</b> Parámetros estadísticos para los modelos matemáticos empleados en las diferentes temperaturas de la cinética de extracción.....	68
<b>Tabla 4-1:</b> Efecto del tiempo de almacenamiento en el Contenido de Fenoles Totales (TPC) y la actividad antioxidante (AA) del yogurt enriquecido con el extracto. ....	83
<b>Tabla 4-2:</b> Constante de degradación (k) y vida media ( $t_{1/2}$ ) para degradación de TPC en muestras de yogurt .....	84

## Lista de símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término
%A	Porcentaje de amplitud
%N	Contenido de proteína bruta
%R	Rendimiento global
$\Delta E$	Diferencia de color
AH	Sustrato
C	Concentración de compuestos fenólicos (mg GAE/100g yogurt)
C <sub>0</sub>	Concentración de compuestos fenólicos a tiempo cero (mg GAE/100g yogurt)
C*	Saturación de color
D <sub>0</sub>	Difusividad inicial
D <sub>ef</sub>	Difusividad efectiva
E <sub>a</sub>	Energía de activación (kJ/mol)
F	Fracción de soluto
°H	Ángulo de tono
k	Tasa constante de primer orden (min <sup>-1</sup> )
L*	Luminosidad
M <sub>0</sub>	Masa inicial del soluto en la matriz vegetal (mg/g)
M <sub>t</sub>	Cantidad total de soluto (mg/g)
M <sub>∞</sub>	Cantidad máxima de soluto (mg/g)
P	Presión (bar)
p	Valor de probabilidad
P <sub>c</sub>	Peso recipiente vacío (g)
P <sub>i</sub>	Peso inicial (g)
P <sub>f</sub>	Peso final (g)
R <sup>2</sup>	Coeficiente de determinación
R <sub>g</sub>	Constante universal de los gases (kJ/mol K)
T	Temperatura (°C)
t	Tiempo (s)
W	Potencia del microondas (Watts)

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término
$\alpha$	Nivel de significancia

## Abreviaturas

Abreviatura	Término
-------------	---------

AA	Actividad antioxidante
ABPR	Válvula contrapresión automática reguladora
ABTS	2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico
ANOVA	Análisis de varianza
<i>b.s.</i>	Base seca
<i>b.h.</i>	Base húmeda
CLAR	Cromatografía líquida de alta resolución
DCCR	Diseño central compuesto rotacional
DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
GAE	Equivalentes de ácido gálico
<i>H</i>	Humedad
HPLC	High-performance liquid chromatography
<i>Ln</i>	Logaritmo natural
ME	Masa de extracto
MEC	Masa extracto de chontaduro
<i>meq</i>	Miliequivalentes
MS	Media de cruadados
<i>m.s.n.m.</i>	Metros sobre el nivel del mar
MW	Microondas
PLE	Extracción con líquidos presurizados
<i>ppm</i>	Partes por millón
RSME	Raíz cuadrada del error medio
SSE	Suma de cuadrados debido al error
TE	Trolox equivalente
TPC	Contenido en fenoles totales
US	Ultrasonido
YCE PLE	Yogurt con extracto PLE
YCE Sox	Yogurt con extracto soxhlet
YSE	Yogurt sin extracto

actividad antioxidante. Tanto el contenido de antocianinas como la actividad antioxidante disminuyeron durante tiempo de almacenamiento en todas las muestras.

## Referencias

- Alam, Md. N., Bristi, N. J., & Rafiquzzaman, Md. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21, 143–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>
- Alamed, J., Chaibait, W., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2009). Relationship between free radical scavenging and antioxidant activity in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 2969–2976. <http://dx.doi.org/10.1021/jf803436c>
- Álvarez, A., Poejo, J., Matias, A., Duarte, C. M. M., Cocero, M. J., Mato, R. (2017). Microwave pretreatment to improve extraction efficiency and polyphenol extract richness from grape pomace. Effect on antioxidant bioactivity. *Food and Bioprocess Technology*, 106, 162–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.007>
- Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., ...Zeppa, G. (2015). Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 63, 1145–1154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.113>
- Boligon, A. A., Machado, M. M., & Athayde, M. L. (2014). Technical Evaluation of Antioxidant Activity. *Medicinal chemistry*, 4(7), 517–522. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0444.1000188>
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Caroch, M., Oliveira, M. B. P. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. *Food Chemistry*, 210, 262–268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.114>
- Çam, M., & Hışıl, Y. (2010). Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food Chemistry*, 123(3), 878–885. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.011>
- Cano-Sancho, G., Perelló, G., Nadal, M., & Domingo, J. L. (2015). Comparison of the nutritional composition and the concentrations of various contaminants in branded and private label yogurts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 71–77. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.008>
- Cardenas-Toro, F. P., Alcázar-Alay, S. C., Coutinho, J. P., Godoy, H. T., Forster-Carneiro, T., & Meireles, M. A. a. (2015). Pressurized liquid extraction and low-pressure

- solvent extraction of carotenoids from pressed palm fiber: Experimental and economical evaluation. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 90–100. <http://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.01.006>
- Cardoso, L. C., Serrano, C. M., Quintero, E. T., López, C. P., Antezana, R. M., & De La Ossa, E. J. M. (2013). High pressure extraction of antioxidants from *Solanum stenotomum* peel. *Molecules*, 18(3), 3137–3151. <http://doi.org/10.3390/molecules18033137>
- Castillo-García, E. & Martínez-Solis, I. (2007). Manual de fitoterapia. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=SgZjLFGBAAC&pg=PA33&dq=tipos+de+compuestos+fenolicos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjFgp-D5ovLAhVG6x4KHxEsDR0Q6AEIlzAC#v=onepage&q=tipos%20de%20compuestos%20fenolicos&f=false>
- Clement, C. R., & M. Manshardt, R. (2000). A review of the importance of spines for pejobaye heart-of-palm production. *Scientia Horticulturae*, 83(1), 11–23. [http://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00066-7](http://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00066-7)
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- Dalla Nora, F. M., & Borges, C. D. (2017). Ultrasound pretreatment as an alternative to improve essential oils extraction. *Ciência Rural*, 47 (9). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170173>
- Da Porto, C., Decorti, D., & Natolino, A. (2016). Microwave pretreatment of *Moringa oleifera* seed: Effect on oil obtained by pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction and Soxhlet apparatus. *Journal of Supercritical Fluids*, 107, 38–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2015.08.006>
- Del Castillo, R. R. & Mestres, J. (2004). *Productos lácteos. Tecnología*. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=I5kpzUzUcikC&pg=PA116&dq=tipos+de+yogurt&hl=es-419&sa=X&ved=0CB4Q6AEwAWoVChMlo8uixPityAIVg6MeCh3M1Qhh#v=onepage&q=tipos%20de%20yogurt&f=false>
- Dewick, P. M. (2002). Medicinal natural products: a biosynthetic approach. Recuperado de <https://nadjeeb.files.wordpress.com/2009/10/dewick-natural-prod.pdf>
- Durdevic, S., Milovanovic, S., Savikin, K., Ristic, M., Menkovic, N., Pljevlakusic, Petrovic, S., & Bogdanovic, A. (2017). Improvement of supercritical CO<sub>2</sub> and n-hexane



- extraction of wild growing pomegranate seed oil by microwave pretreatment. *Industrial Crops & Products*, 104, 21–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.024>
- El-said, M. M., Haggag, H. F., El-Din, H. M. F., Gad, A. S., & Farahat, A. M. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(2), 207–212. <http://doi.org/10.1016/j.aoas.2014.11.007>
- Erdogan, S., Ates, B., Durmaz, G., Yilmaz, I., & Seckin, T. (2011). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from Anatolia propolis and their radical scavenging capacities. *Food and Chemical Toxicology*, 49(7), 1592–1597. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2011.04.006>
- FAO (1994). *Neglected crops. 1492 from a different perspective*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/t0646e/t0646e.pdf>
- Ganesapillai, M., Mathew, M., Singh, A., & Simha, P. (2016). Influence of Microwave and Ultrasound pretreatment on Solvent Extraction of Bio-components from Walnut (*Juglans regia* L.) Shells, 60(1), 40–48. <http://doi.org/10.3311/PPch.8480>
- Graefe, S., Dufour, D., van Zonneveld, M., Rodriguez, F., & Gonzalez, A. (2013). Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: Implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. *Biodiversity and Conservation*, 22(2), 269–300. <http://doi.org/10.1007/s10531-012-0402-3>
- Grajeda-Iglesias, C., Salas, E., Barouh, N., Baréa, B., Panya, A., & Figueroa-Espinoza, M. C. (2016). Antioxidant activity of protocatechuates evaluated by DPPH, ORAC, and CAT methods. *Food Chemistry*, 194, 749–757. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.119>
- Germani, A., Luneia, R., Nigro, F., Vitiello, V., Donini, L. M., & del Balzo, V. (2014). The yogurt amino acid profile's variation during the shelf-life. *Annali Di Igiene : Medicina Preventiva E Di Comunità*, 26(3), 205–212. <http://doi.org/10.7416/ai.2014.1978>
- Golmakani, E., Mohammadi, a., Ahmadzadeh Sani, T., & Kamali, H. (2014). Phenolic and flavonoid content and antioxidants capacity of pressurized liquid extraction and percolation method from roots of *Scutellaria pinnatifida* A. Hamilt. subsp *alpina* (Bornm) Rech. f. *The Journal of Supercritical Fluids*, 95, 318–324. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.09.020>
- Gonçalves, F. A. M. M., Trindade, A. R., Costa, C. S. M. F., Bernardo, J. C. S., Johnson, I., Fonseca, I. M. A., & Ferreira, A. G. M. (2010). PVT, viscosity, and surface tension of ethanol: New measurements and literature data evaluation. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 42(8), 1039–1049. <http://doi.org/10.1016/j.jct.2010.03.022>

- Hartonen, K., Parshintsev, J., Sandberg, K., Bergelin, E., Nisula, L., & Riekkola, M. L. (2007). Isolation of flavonoids from aspen knotwood by pressurized hot water extraction and comparison with other extraction techniques. *Talanta*, 74(1), 32–38. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.05.040>
- Hoff, R. B., Pizzolato, T. M., Peralba, M. D. C. R., Díaz-Cruz, M. S., & Barceló, D. (2015). Determination of sulfonamide antibiotics and metabolites in liver, muscle and kidney samples by pressurized liquid extraction or ultrasound-assisted extraction followed by liquid chromatography–quadrupole linear ion trap-tandem mass spectrometry (HPLC–QqL. *Talanta*, 134, 768–778. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.10.045>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (22 de diciembre de 2005). Productos lácteos. Leches fermentadas [NTC 805]. I.C.S.: 67.100.10
- Izadifar, Z. (2013). Ultrasound pretreatment of wheat dried distiller's grain (DDG) for extraction of phenolic compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1359–1369. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.04.004>
- Jaster, H., Arend, G. D., Rezzadori, K., Chaves, V. C., Reginatto, F. H., & Cunha Petrus, J. C. (2018). Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. *Food Research International*, 104, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.006>.
- Jovanovic, L. (2006). New synthetic approaches to 8, 5'-neolignans. Doctoral thesis.
- Karaaslan, M., Ozden, M., Vardin, H., & Turkoglu, H. (2011). Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1065–1072. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.009>
- Khanchi, A., Hebborn, C. A., Zhu, J., & Cakmak, S. (2015). Exposure to volatile organic compounds and associated health risks in. *Atmospheric Environment*, 120, 152–159. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.092>
- Luthria, D. L. (2008). Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid extractor. *Food Chemistry*, 107(2), 745–752. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.074>
- Luthria, D. L. (2012). Optimization of extraction of phenolic acids from a vegetable waste product using a pressurized liquid extractor. *Journal of Functional Foods*, 4(4), 842–850. <http://doi.org/10.1016/j.jff.2012.06.001>
- Machado, A. P. D. F., Pasquel-reátegui, J. L., Fernández, G., & Martínez, J. (2014). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus*

- fruticosus L.) residues: a comparison with conventional methods. *Frin.* <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>
- Martín-Gordo, D. A. (2018). Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.22490/21456453.1968>.
- Martínez-Girón, J., Rodríguez-Rodríguez, X., Pinzón-Zárate, L. X., & Ordóñez-Santos, L. E. (2017). Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) obtenida por secado convectivo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 599-613. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:747](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:747)
- Martins, N., Barros, L., Henriques, M., Silva, S., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Activity of phenolic compounds from plant origin against *Candida* species. *Industrial Crops and Products*, 74, 648–670. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.067>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). Agronet: Chontaduro. Colombia. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Documents/CHONTADURO2016.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social (2012). Plan nacional para el control de cáncer en Colombia 2012-2020. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Plan%20nacional%20para%20el%20control%20del%20c%C3%A1ncer%20en%20Colombia.pdf>
- Moussi, K., Nayak, B., Perkins, L. B., Dahmoune, F., Madani, K., & Chibane, M. (2015). HPLC-DAD profile of phenolic compounds and antioxidant activity of leaves extract of *Rhamnus alaternus* L. *Industrial Crops and Products*, 74, 858–866. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.015>
- Mustafa, A., & Turner, C. (2011). Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica Chimica Acta*, 703(1), 8–18. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.018>
- Oancea, S., Ghincevici, D., & Ketney, O. (2015). The Effect of Ultrasonic Pretreatment and Sample Preparation on the Extraction Yield of Antioxidant Compounds and Activity of Black Currant Fruits. *Acta Chim. Slov.*, 62, 242–248. <http://doi.org/10.17344/acsi.2014.895>
- OMS – Organización Mundial de la salud (2015). Cáncer. Nota descriptiva N°297. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/>
- Oliveira, N. A., Cornelio-Santiago, H. P., Fukumasu, H., & Oliveira, A. L. (2018). Green coffee extracts rich in diterpenes e Process optimization of pressurized liquid

- extraction using ethanol as solvent. *Journal of Food Engineering*, 224, 148-155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.021>
- Ordóñez-Santos, L. E., Pinzón-Zarate, L. X., & González-Salcedo, L. O. (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 560–566. <http://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.04.010>
- Paes, J., Dotta, R., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2014). Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized liquids. *The Journal of Supercritical Fluids*, 95, 8–16. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.07.025>
- Patro-Golaḇ, B., Shamir, R., & Szajewska, H. (2015). Yogurt for treating acute gastroenteritis in children: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 34(5), 818–824. <http://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.09.004>
- Pawliszyn, J. (2003). Sample preparation: Quo Vadis?. *Analytical Chemistry* 75 (11), 2543–2558. <http://doi.org/10.1021/ac034094h>
- Pereira, E., Barros, L., Dueñas, M., Antonio, A. L., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Gamma irradiation improves the extractability of phenolic compounds in *Ginkgo biloba* L. *Industrial Crops and Products*, 74, 144–149. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.039>
- Perrier, A., Delsarta, C., Boussetta, N., Grimi, N., Citeau, M., Vorobiev, E. (2017). Effect of ultrasound and green solvents addition on the oil extraction efficiency from rapeseed flakes. *Ultrasonics – Sonochemistry*, 39, 58–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.04.003>
- Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2011). Methods for Total Antioxidant Activity Determination: A Review. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 1(1). <http://doi.org/10.4172/2161-1009.1000106>
- Povilaitis, D., Šulniūtė, V., Venskutonis, P. R., & Kraujalienė, V. (2015). Antioxidant properties of wheat and rye bran extracts obtained by pressurized liquid extraction with different solvents. *Journal of Cereal Science*, 62, 117–123. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.11.004>
- Rabelo, R. S., Machado, M. T. C., Martínez, J., & Hubinger, M. D. (2016). Ultrasound assisted extraction and nanofiltration of phenolic compounds from artichoke solid wastes. *Journal of Food Engineering*, 178, 170–180. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.018>

- Rojas-Garbanzo, C., Pérez, A. M., Vaillant, F., & Pineda-Castro, M. L. (2016). Physicochemical and antioxidant composition of fresh peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits in Costa Rica. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, Campinas, e2015097. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.9715>
- Rostagno, M. A., Palma, M., & Barroso, C. G. (2004). Pressurized liquid extraction of isoflavones from soybeans. *Analytica Chimica Acta*, 522(2), 169–177. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2004.05.078>
- Rufino, M.S.M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F. & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121 (4), 996-1002. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>.
- Sahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of functional foods*, 18, 820–897. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Sánchez-Camargo, A. D. P., Montero, L., Stiger-Pouvreau, V., Tanniou, A., Cifuentes, A., Herrero, M., & Ibáñez, E. (2016). Considerations on the use of enzyme-assisted extraction in combination with pressurized liquids to recover bioactive compounds from algae. *Food Chemistry*, 192, 67–74. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.098>
- Santos, D. T., Veggi, P. C., & Meireles, M. A. a. (2012). Optimization and economic evaluation of pressurized liquid extraction of phenolic compounds from jabuticaba skins. *Journal of Food Engineering*, 108(3), 444–452. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.022>
- Setyaningsih, W., Saputro, I. E., Palma, M., & Barroso, C. G. (2016). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from rice (*Oryza sativa*) grains. *Food Chemistry*, 192, 452–459. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.102>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299(1974), 152–178. [http://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Solana, M., Boschiero, I., Dall'Acqua, S., & Bertucco, A. (2015). A comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods for obtaining phenolic compounds from *Asparagus officinalis* L. *The Journal of Supercritical Fluids*, 100, 201–208. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.02.014>

- Sun-Waterhouse, D., Zhou, J., & Wadhwa, S. (2013). Drinking yoghurts with berry polyphenols added before and after fermentation. *Food Control*, 32 (2), 450-460. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.011>.
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (3 Ed.). (1999). *Yoghurt Science and technology*. New York, USA: Woodhead Publishing Ltd. And CRC Press LLC
- UNEP – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2009). Realidades de Contaminantes. Contaminantes: Compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Recuperado de: [http://www.unep.org/tnt-unep/toolkit\\_esp/pollutants/VOCs.html](http://www.unep.org/tnt-unep/toolkit_esp/pollutants/VOCs.html)
- Vazquez-Roig, P., & Picó, Y. (2015). Pressurized liquid extraction of organic contaminants in environmental and food samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 55–64. <http://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.014>
- Vélez, J. F., & Rivas, A. H. (2001). Propiedades y características del yogurt. *Información Tecnológica*, 12(6), 35-42.
- Vidovic, S., Zekovic, Z., Marosanovic, B., Todorovic, M. P., & Vladic, J. (2014). Influence of pre-treatments on yield, chemical composition and antioxidant activity of *Satureja montana* extracts obtained by supercritical carbon dioxide. *Journal of Supercritical Fluids*, 95, 468–473. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2014.10.019>
- Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2017.09.002>
- Yuyama, L. K. O., Aguiar, J. P. L., Yuyama, K., Clement, C. R., Macedo, S. H. M., Fávaro, D. I. T., ... Vannucchi, H. (2003). Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(1), 49–56. <http://dx.doi.org/10.1080/096374803/000061994>
- Zaibunnisa, A. H., Norashikin, S., Mamot, S., & Osman, H. (2009). An experimental design approach for the extraction of volatile compounds from turmeric leaves (*Curcuma domestica*) using pressurised liquid extraction (PLE). *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 233–238. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.03.015>
- Zamani, M., Delfani, A. M., & Jabbari, M. (2018). Scavenging performance and antioxidant activity of  $\gamma$ -alumina nanoparticles towards DPPH free radical: Spectroscopic and DFT-D studies. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 201, 288-299. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.05.004>

- Zgórka, G. (2009). Pressurized liquid extraction versus other extraction techniques in micropreparative isolation of pharmacologically active isoflavones from *Trifolium* L. species. *Talanta*, 79(1), 46–53. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.03.011>
- Zulueta, A., Esteve, M. J., Frígola, A. (2009). ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. *Food Chemistry*, 114, 310-316. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033>

## Referencias

- Agatonovic-Kustrin, S., Kustrin, E., & Morton, D.W. (2018). Phenolic acids contribution to antioxidant activities and comparative assessment of phenolic content in mango pulp and peel. *South African Journal of Botany*, 116, 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.03.013>
- Alam, Md. N., Bristi, N. J., & Rafiquzzaman, Md. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21, 143–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>
- Álvarez, A., Poejo, J., Matias, A., Duarte, C. M. M., Cocero, M. J., Mato, R. (2017). Microwave pretreatment to improve extraction efficiency and polyphenol extract richness from grape pomace. Effect on antioxidant bioactivity. *Food and Bioprocess Technology*, 106, 162–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.007>
- Bligh, E., & Dyer, W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911–917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- Bäumler, E. R., Carrín, M. E., & Carelli, A. A. (2016). Extraction of sun flower oil using ethanol as solvent. *Journal of Food Engineering*, 1–8. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.020>
- Cardenas-Toro, F. P., Alcázar-Alay, S. C., Coutinho, J. P., Godoy, H. T., Forster-Carneiro, T., & Meireles, M. A. a. (2015). Pressurized liquid extraction and low-pressure solvent extraction of carotenoids from pressed palm fiber: Experimental and economical evaluation. *Food and Bioprocess Technology*, 94, 90–100. <http://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.01.006>
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- Ganesapillai, M., Mathew, M., Singh, A., & Simha, P. (2016). Influence of Microwave and Ultrasound pretreatment on Solvent Extraction of Bio-components from Walnut (*Juglans regia* L.) Shells, 60(1), 40–48. <http://doi.org/10.3311/PPch.8480>



- Gutiérrez-Montero, D. J. (2016). Extracción de compuestos bioactivos de epicarpio y mesocarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes*) usando tecnología de fluidos supercríticos. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (21 de octubre de 2009). Cereales y productos de cereales: Determinación del contenido de humedad [NTC 529]. I.C.S.: 67.060
- Izadifar, Z. (2013). Ultrasound pretreatment of wheat dried distiller's grain (DDG) for extraction of phenolic compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1359–1369. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.04.004>
- Kamali, H., Ahmadzadeh, T., Mohammadi, A., Alesheikh, P., Khodaverdi, E., & Hadizadeh, F. (2018). A comparison between pressurized hot water and pressurized liquid extraction for optimizing phenolic and antioxidants capacity of the wooden layer between of walnut seed. *The Journal of Supercritical Fluids*, 133, 535-541. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2017.10.017>
- Kjeldahl. (1983). Neue Methode zur Bestimmung der Stickstoffs in organischen körnern. *Z. Anal. Chem.*, 22, 366-382. <https://doi.org/10.1002/jlac.18410390302>
- Luthria, D. L. (2008). Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid extractor. *Food Chemistry*, 107(2), 745–752. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.074>
- Luthria, D. L. (2012). Optimization of extraction of phenolic acids from a vegetable waste product using a pressurized liquid extractor. *Journal of Functional Foods*, 4(4), 842–850. <http://doi.org/10.1016/j.jff.2012.06.001>
- Machado, A. P. D. F., Pasquel-reátegui, J. L., Fernández, G., & Martínez, J. (2014). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *Food Research International*. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>
- Machado, A. P. D. F., Pereira, A. L. D., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2017). Recovery of anthocyanins from residues of *Rubus fruticosus*, *Vaccinium myrtillus* and *Eugenia brasiliensis* by ultrasound assisted extraction, pressurized liquid extraction and their combination. *Food Chemistry*, 231, 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.060>
- Martínez-Correa, H. A., Magalhães, P. M., Queiroga, C. L., Peixoto, C. a., Oliveira, A. L., & Cabral, F. a. (2011). Extracts from pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaves: Influence of extraction process on antioxidant properties and yield of phenolic compounds.

- Journal of Supercritical Fluids, 55(3), 998–1006.  
<http://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.09.001>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). Agronet: Chontaduro. Colombia. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Documents/CHONTADURO2016.pdf>
- Mustafa, A., & Turner, C. (2011). Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica Chimica Acta*, 703(1), 8–18.  
<http://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.018>
- Ndlela, S. C., de Moura, J. M. L. N., Olson, N. K., & Johnson, L. A. (2012). Aqueous Extraction of Oil and Protein from Soybeans with Subcritical Water. *J Am Oil Chem Soc*, 89, 1145–1153. <http://doi.org/10.1007/s11746-011-1993-7>
- Official methods of analysis of AOAC International (2005). Ash. [AOAC 923.03]. Cap. 32, pág 2. 18<sup>th</sup> Edition.
- Ordóñez-Santos, L. E., Pinzón-Zarate, L. X., & González-Salcedo, L. O. (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 560–566.  
<http://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.04.010>
- Paes, J., Dotta, R., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2014). Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized liquids. *The Journal of Supercritical Fluids*, 95, 8–16. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.07.025>
- Pereira, E., Barros, L., Dueñas, M., Antonio, A. L., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Gamma irradiation improves the extractability of phenolic compounds in *Ginkgo biloba* L. *Industrial Crops and Products*, 74, 144–149.  
<http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.039>
- Rittner, H. (1992). Extraction of vegetable oils with ethyl alcohol. *Oléagineux*, 47 (1), 29–42.
- Rojano, B. A., Zapata, I. C., Álzate, A. F., Mosquera, A. J., Cortés, F. B., & Gamboa, L. (2011). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto Liofilizado de Palma Naidi (Açaí Colombiano) (*Euterpe oleracea* Mart). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 64(2): 6213-6220.
- Sánchez-Camargo, A. P., Martínez-Correa, H. A., Paviani, L. C., & Cabral, F. A. (2011). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of lipids and astaxanthin from Brazilian redspotted shrimp waste (*Farfantepenaeus paulensis*). *Journal of Supercritical Fluids*, 56, 164–173. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.12.009>

- Sánchez-Camargo, A. D. P., Montero, L., Stiger-Pouvreau, V., Tanniou, A., Cifuentes, A., Herrero, M., & Ibáñez, E. (2016). Considerations on the use of enzyme-assisted extraction in combination with pressurized liquids to recover bioactive compounds from algae. *Food Chemistry*, 192, 67–74. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.098>
- Setyaningsih, W., Saputro, I. E., Palma, M., & Barroso, C. G. (2016). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from rice (*Oryza sativa*) grains. *Food Chemistry*, 192, 452–459. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.102>
- Shalaby, E. A., & Shanab, S. M. M. (2013). Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis*. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 42(5), 556-564. Recuperado de <http://hdl.handle.net/123456789/24794>
- Shang, Y.-F., Xu, J.-L., Lee, W.-J., & Um, B.-H. (2017). Antioxidative polyphenolics obtained from spent coffee grounds by pressurized liquid extraction. *South African Journal of Botany*, 109, 75 – 80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2016.12.011>
- Solana, M., Boschiero, I., Dall'Acqua, S., & Bertucco, A. (2015). A comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods for obtaining phenolic compounds from *Asparagus officinalis* L. *The Journal of Supercritical Fluids*, 100, 201–208. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.02.014>
- Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2017.09.002>

con extracto soxhlet a nivel sensorial luego de 21 días de su elaboración. El yogurt con extracto PLE tuvo mayor aceptación en los primeros días de almacenamiento.

## Referencias

- Chouchouli, V., Kalogeropoulos, N., Konteles, S.J., Karvela, E., Makris, D.P., Karathanos, V.T. (2013). Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 53, 522-529. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.008>
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- Dubeau, S., Samson, G., & Tajmir-Riahi, H.-A. (2010). Dual effect of milk on the antioxidant capacity of green, Darjeeling, and English breakfast teas. *Food Chemistry*, 122(3), 539–545. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.005>
- El-said, M. M., Haggag, H. F., El-Din, H. M. F., Gad, A. S., & Farahat, A. M. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(2), 207–212. <http://doi.org/10.1016/j.aoas.2014.11.007>
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y.,... Zhang, F. (2019). Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. *Food Chemistry*, 277, 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.104>.
- Gharibzahedi, S. M. T., & Chronakis, I. (2018). Crosslinking of milk proteins by microbial transglutaminase: Utilization in functional yogurt products. *Food Chemistry*, 245, 620–632. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.138>
- Guiné, R. P. F. & Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1):58–63. <http://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.01.003>
- IAIimentos (2015, 27 de Octubre). El consumo de yogurt en colombia está en ascenso. *IAIimentos*. Recuperado de: <https://revistaialimentos.com/noticias/el-consumo-de-yogurt-en-colombia-esta-en-ascenso/>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF] (2015). *Encuesta Nacional para la situación nutricional*. Recuperado de: <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (31 de enero de 2018). Productos lácteos. Leche cruda. Requisitos. [NTC 399]. I.C.S.: 67.100.10

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (21 de octubre de 2009). Cereales y productos de cereales: Determinación del contenido de humedad [NTC 529]. I.C.S.: 67.060
- Karaaslan, M., Ozden, M., Vardin, H., & Turkoglu, H. (2011). Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1065-1072. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.009>
- Karnopp, A. R., Oliveira, K. G. Forville, E. A., Postingher, B. M., & Granato, D. (2017). Optimization of an organic yogurt based on sensorial, nutritional, and functional perspectives. *Food Chemistry*, 233, 401–411. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.112>
- Kennas, A., Amellal-Chibane, H., Kessal, F., & Halladj, F. (2018). Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.07.001>
- Leyva Daniel, D. E., Barragán Huerta, B. E., Vizcarra Mendoza, M. G., & Anaya Sosa, I. (2013). Effect of drying conditions on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) added to yogurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 2283–2291. <http://doi.org/10.1111/ijfs.12215>
- Machado, A. P. D. F., Pasquel-reátegui, J. L., Fernández, G., & Martínez, J. (2014). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *Frin*. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>
- Martínez-Correa, H. A., Magalhães, P. M., Queiroga, C. L., Peixoto, C. a., Oliveira, A. L., & Cabral, F. a. (2011). Extracts from pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaves: Influence of extraction process on antioxidant properties and yield of phenolic compounds. *Journal of Supercritical Fluids*, 55(3), 998–1006. <http://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.09.001>
- Mostafai, R., Mohammadi, R., Nachvak, S. M., Rezaei, M., Pasdar, Y., Abdollahzad, H., ...Adeli, K. (2018). Fortified yogurt with vitamin D as a cost-effective food to prevent diabetes: A randomized double-blind clinical trial. *Journal of Functional Foods*, 42, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.001>
- Ozdal, T., Capanoglu, E., & Altay, F. (2013). A review on protein–phenolic interactions and associated changes. *Food Research International*, 51, 954–970. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.009>

- Patro-Golab, B., Shamir, R., & Szajewska, H. (2015). Yogurt for treating acute gastroenteritis in children: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 34, 818-824. <http://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.09.004>
- Ramírez-Navas, J. S. (2010). Espectrocolorimetría en caracterización de leche y quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 61, 52-58. Consultado en marzo de 2018. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/257890462\\_Espectrocolorimetria\\_en\\_caracterizacion\\_de\\_leche\\_y\\_quesos](https://www.researchgate.net/publication/257890462_Espectrocolorimetria_en_caracterizacion_de_leche_y_quesos)
- Sah, B., Vasiljevic, T., McKechnie, S., Donkor, O. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 978-986. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.027>
- Sánchez-Camargo, A. D. P., Montero, L., Stiger-Pouvreau, V., Tanniou, A., Cifuentes, A., Herrero, M., & Ibáñez, E. (2016). Considerations on the use of enzyme-assisted extraction in combination with pressurized liquids to recover bioactive compounds from algae. *Food Chemistry*, 192, 67–74. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.098>
- Trigueros, L., Wojdylo, A., & Sendra, E. (2014). Antioxidant Activity and Protein–Polyphenol Interactions in a Pomegranate (*Punica granatum* L.) Yogurt. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62, 6417-6425. <http://dx.doi.org/10.1021/jf501503h>
- Wallace, T.C., & Giusti, M.M. (2008). Determination of Color, Pigment, and Phenolic Stability in Yogurt Systems Colored with Nonacylated Anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as Compared to Other Natural/Synthetic Colorants. *Journal of Food Science*, 73(4), 241-248. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00706.x>
- Xiao, J., Mao, F., Yang, F., Zhao, Y., Zhang, C., & Yamamoto, k. (2011). Interaction of dietary polyphenols with bovine milk proteins: Molecular structure–affinity relationship and influencing bioactivity aspects. *Mol. Nutr. Food Res.*, 55, 1637–1645. <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201100280>